

УДК 539.3, 624.014

**КОРРОЗИОННЫЙ ИЗНОС НАГРУЖЕННЫХ ОБРАЗЦОВ  
И ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ***Р.Р. Гиниятуллин, Н.М. Якупов***Аннотация**

Установлено влияние магнитного поля и характера деформирования на коррозионный износ. Приводятся некоторые полученные результаты. Для оценки степени износа образцов используется двумерный экспериментально-теоретический метод исследования.

**Ключевые слова:** коррозионный износ магнитное поле, деформация поверхности, механические свойства, экспериментально-теоретический метод.

В лаборатории НМО ИММ КазНЦ РАН начаты работы по изучению влияния магнитного поля, а также характера деформирования на коррозионный износ стальных образцов.

О влиянии магнитного поля на коррозионный износ. Применение магнитного поля в промышленности приобретает все большее распространение. Однако исследования, посвященные изучению влияния магнитного поля на процесс коррозионного износа, встречаются мало.

В статье [1] приводятся данные испытаний, показывающие эффективность применения магнитного поля для снижения коррозионной активности перекачиваемой жидкости. Метод воздействия на движущуюся жидкость магнитным полем встречается в строительной промышленности [2]. Этот подход используется и для защиты водоводов от коррозии [3] - прокачиваемую среду ионизируют и обрабатывают постоянным магнитным полем. В работе [4] предлагается способ ингибиторной обработки скважинной жидкости с использованием магнитного поля. При этом условием магнитной обработки является течение жидкости в магнитном поле.

В НМО выполнены, в частности, исследования по изучению влияния магнитного поля на процесс коррозионного износа тонкостенных элементов конструкций из стали [5,6]. Схема установки представлена на рисунке 1.

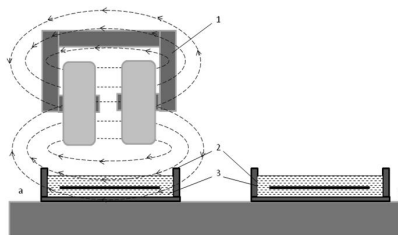


Рис. 1. Схема установки: образцы в коррозионной среде: а - под воздействием магнитного поля; б - без магнитного поля

Основным элементом установки исследования 1 является электромагнит, создающего магнитное поле напряженностью до 5 кЭ (килоэрстед). Под электромагнитом на столе размещается емкость 2 с агрессивной жидкостью. Электромагнит

и емкость с образцом устанавливались относительно друг друга таким образом, чтобы линии влияния магнитного поля располагались параллельно поверхности образца.

Для сравнения результатов, другая емкость 2 – 1, располагается вне зоны действия магнита (контрольная емкость).

Для оценки степени коррозионного износа используется экспериментально-теоретический метод [7–9].

Пример 1. Образцы из стали марки Ст3 с первоначальной толщиной  $t = 0.6$  мм, помещались в агрессивную среду. Часть образцов подвергалась воздействию магнитного поля. В качестве агрессивной жидкости использовался 5 раствор гипохлорит натрия. Образцы находились в агрессивной среде и под воздействием магнитного поля различное время:  $t_1 = 432$  часа,  $t_2 = 1399$  часов. Другая часть образцов (контрольные образцы) не подвергалась воздействию магнитного поля. После извлечения образцов из агрессивной жидкости, они были просушены и очищены от продуктов коррозии без повреждения поверхности. Для определения механических характеристик образцов использовался экспериментально - теоретический подход. Некоторые полученные результаты представлены в таблицах и графиках.

Таблица 1. Зависимость давление  $P$  - прогиб  $H$  ( $T_1 = 432$  часа)

$P$ , МПа	0.06	0.08	0.1	0.12	0.16	0.2
$H$ , мм	0.75	0.85	0.95	1.06	1.20	1.34
$H$ , мм	0.77	0.88	1.00	1.10	1.27	1.44

Таблица 2. Зависимость давление  $P$  - прогиб  $H$  ( $T_2 = 1399$  часа)

$P$ , МПа	0.06	0.08	0.1	0.12	0.16	0.2
$H$ , мм	0.92	1.04	1.15	1.26	1.44	1.62
$H$ , мм	1.07	1.17	1.27	1.37	1.53	1.68

Из результатов представленных в таблицах 1-2 видно, что воздействие магнитного поля на стальной образец замедляет процесс коррозии.

О влиянии знака деформации на скорость коррозионного износа. Работы, посвященные изучению коррозионного износа элементов конструкций при наличии поверхностных механических напряжений, встречаются мало. Представляет большой интерес вопрос, какие деформации и как влияют на процесс коррозионного износа? Для ответа на вопрос были выполнены ряд исследований [10,11].

Деформацию сжатия и деформацию растяжения поверхности образцов создавались путем механического стягивания через уголки противоположных кромок образцов. Ниже приводится описание экспериментального устройства, распределение напряжений в изогнутой пластине, а также полученные результаты.

На первом этапе испытания получают изогнутые образцы. Изгибающую нагрузку на образец создается путем стягивания противоположных кромок 2, обеспечивая растяжение выпуклой и сжатие вогнутой сторон образца. Далее измеряют первоначальные геометрические параметры деформированного (нагруженного) образца.

В зависимости от поставленной задачи наносится антикоррозионное защитное покрытие на одну из поверхностей образца: на выпуклую поверхность или на вогнутую поверхность. В частности, выпуклые поверхности 1-ой группы образцов, вогнутые поверхности 2-ой группы образцов были покрашены краской, не растворяющейся в агрессивной среде. То есть коррозии подвергались упруго сжатые

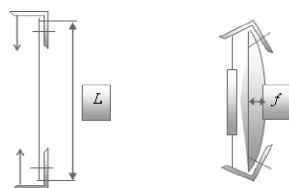


Рис. 2. Схема деформирования образцов

поверхности 1-ой группы образцов, упруго растянутые поверхность 2-ой группы образцов.

Пример 2. Были рассмотрены варианты деформирования образцов:  $f/L = 0,075$  и  $f/L = 0,101$  (рисунок 2) в пределах упругих деформаций. Образцы выдерживались 7,5 суток в емкости с агрессивной средой. В качестве агрессивной среды использовался раствор гипохлорит натрия.

Далее, используя экспериментально - теоретический метод [7-9], были проведены исследования образцов, выдержанных в коррозионной среде. Экспериментальные данные "давление Р - прогиб Н" приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость "давление Р - прогиб Н"

$P, \text{МПа}$	$P, \text{МПа}$	0.06	0.08	0.1	0.12
$f/L = 0,075$	$H, \text{мм}$	1.000	1.080	1.150	1.220
$f/L = 0,075$	$H, \text{мм}$	1.100	1.220	1.320	1.430
$f/L = 0,101$	$H, \text{мм}$	1.040	1.120	1.200	1.290
$f/L = 0,101$	$H, \text{мм}$	1.140	1.230	1.320	1.420

Из табл. 3 видно, что коррозионный износ на растянутых поверхностях выше, чем на сжатых, причем с увеличением степени деформации эффект увеличивается.

### Summary

*R.R. Giniyatullin, N.M. Yakupov.* Название статьи на английском языке. Influence of a magnetic field and character of deformation on corrosion deterioration is established. Some received results are resulted. For an estimation of degree of deterioration of samples the two-dimensional experimentally-theoretical method of research is used.

**Key words:** corrosion deterioration a magnetic field, surface deformation, mechanical properties, an experimentally-theoretical method.

### Литература

1. Хайдаров Ф.Р. Повышение работоспособности промышленных трубопроводов за счет снижения коррозионной активности перекачиваемых жидкостей // Нефтегазовое дело. – 2002. – No 1. – С. 1–9.
2. Александров Ю. В., Андронов И. Н. Способ защиты трубопроводов от коррозии. Патент на изобретение РФ No 2355939.
3. Прасс Л.В., Лукьянов В.Г., Четверкин К.В., Панычев С.И., Крец В.Г. Способ ингибиторной обработки скважинной жидкости. Патент на изобретение РФ No 2227174.
4. Классен В.И. Вода и магнит. – М.: Наука, 1973. – 111 с.
5. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние физических полей на коррозионный износ // Труды V Международной научно-практической конференции "Инженерные системы - 2012". – 2012. – С. 88–94.

6. *Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р.* Коррозионный износ тонкостенных элементов при воздействии внешних факторов // Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 20-летию ИММ КазНЦ РАН. – 2011. – Т.2.– С. 203–212.
7. *Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н.* Способ определения прочностных свойств тонкослойных материалов. Пат. РФ No 2310184. – 2007. – Бюл. No 31.
8. *Якупов Н.М., Нургалиев А.Р., Якупов С.Н.* // Зав. лаб. Диагностика материалов. – 2008. – Т.74.– No 11.– С. 54–56.
9. *Галимов Н.К., Якупов Н.М., Якупов С.Н.* // МТТ. – 2011. – No 3.– С. 58–66.
10. *Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н.* Влияние характера деформирования поверхности элементов конструкции на коррозионный износ // Проблемы прочности. – 2012. – No 2.– С. 76–84.
11. *11. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н.* Способ испытания тонкостенных образцов под напряжением. Патент на изобретение РФ No 2439537.

---

Сведения о каждом из авторов статьи

**Гиниятуллин, Ришат Рашидович** – к.т.н., научный сотрудник Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН

E-mail: *true\_way@mail.ru*

**Якупов Нух Махмудович** –д.т.н., зав.лаб., Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН

E-mail: *yzsrr@kfti.knc.ru*